

冬小麦生产年土壤水分变化及其对农业生产影响分析

郭海英^{1,4}, 赵建萍², 黄 斌⁴, 万 信³, 杨兴国¹

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,
甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 陇东学院农学系, 甘肃 庆阳 745000;
3. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 4. 甘肃省西峰农业气象试验站, 甘肃 庆阳 745000)

摘 要: 通过对黄土高原典型残塬“董志塬”麦田耗水量、不同时期土壤水分含量及其与降水量、耗水量和产量关系的研究, 揭示了陇东黄土高原塬区麦田土壤水分变化及其对农业生产的影响特征。分析显示: 麦田耗水主要来源于生产年自然降水, 降水多, 耗水量大, 产量高, 一个生产年土壤水分可以得到有效补充, 否则耗水量小, 产量低; 降水量最多的年份并非冬小麦产量和水分利用率最高的年份, 但降水量最少的年份肯定是冬小麦产量和水分利用率最低的年份; 上年收墒期降水充沛, 土壤水库贮水充足, 可以有效防御和缓解来年春旱对冬小麦生产的影响, 是冬小麦丰产的基础, 同样, 即使底墒不足, 只要春季降水充足、适时, 冬小麦也可以取得较好收成; 如果上年秋旱和当年春旱同时出现, 天旱地也旱, 必然导致冬小麦大减产。

关键词: 麦田; 水分变化; 冬小麦; 产量

中图分类号: S 152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008) 01-0246-03

陇东黄土高原是我国西北地区重要的产粮区, 地形以残塬沟壑为主, 黄土层深厚, 生态环境脆弱, 处半干旱半湿润气候区, 地下水位较深, 水资源短缺, 是我国西北地区典型的旱作雨养农业区。其中南部地势平坦, 气候温和, 光、热、水资源配合较好, 有十几条塬面, 是陇东发展农业生产的最佳气候区, 素有“陇东粮仓”之称。本文研究区域“董志塬”位于陇东黄土高原中南部高原沟壑区, 是黄土高原保存较为完整的塬面, 也是黄土高原最大的塬面^[1], 面积达 910 km², 气候、土壤和地形地貌对陇东黄土高原粮食主产区具有一定的代表性。干旱是该区主要农业气象灾害, 一年一小旱, 三年一大旱, 尤其春旱发生频率高, 对农业生产危害重, 农谚“春雨贵如油”是对陇东春旱十分形象的描述^[2]。研究该区域主要农作物冬小麦生长主要水分来源和耗水规律, 对区域抗旱减灾, 提高农业经济效益具有十分重要的意义。

1 资料来源

土壤水分资料来源于甘肃省西峰农业气象试验站冬小麦常规观测资料。冬小麦 9 月中旬播种, 11 月上、中旬停止生长进入越冬期, 次年 3 月上旬返青, 4 月中旬拔节, 5 月上、中旬抽穗, 6 月下旬收获。土壤水分测定方法是 3~11 月每月上旬 8 日采用土

钻法测定试验地 2 m 土层各层次土壤含水量, 从地面 0 m 到地下 2 m, 每 0.1 m 土层取一个土样, 在麦田各区域有代表性的地段共选择 4 个测点, 资料序列为 1989~2004 年。土壤容重、田间持水量等常数, 按照中国气象局规定^[3], 每 8 年重新测定一次, 本文所用常数分别为 1990、1998 年测定常数。由于冬小麦常规观测地块长期固定, 品系、耕作制度、播期、施肥量等都相对固定, 因此, 年际间非气候因素造成的误差较小, 且试验地毗邻气象观测场, 符合农业气象平行观测要求。降水资料来源于西峰国家基准气候站(35°44'N, 107°38'E, 海拔高度 1 421 m, 年平均气温 8.7℃, 年平均降水量 530 mm)。

2 结果与分析

2.1 耗水量变化特征

本文以冬小麦上年收获期~当年收获期为一个生产年, 生产年耗水量指从上年冬小麦收获后的 7 月 8 日~当年冬小麦收获后的 7 月 8 日 2 m 土层水分含量减少量与期间降水量之和。

图 1 是 1990~2004 年麦田生产年耗水量和期间降水量曲线图, 可以看出, 麦田耗水量和期间降水量变化趋势基本一致, 说明自然降水是陇东麦田耗水的主要来源。

收稿日期: 2007-01-10

基金项目: 中国气象局新技术推广项目(CMA 7 2005M 22); 国家自然科学基金项目(40205005); 甘肃省气象局项目“旱作农业区土壤水分预测研究”

作者简介: 郭海英(1966—), 男, 甘肃正宁人, 高级工程师, 主要从事农业气象业务和科研工作。

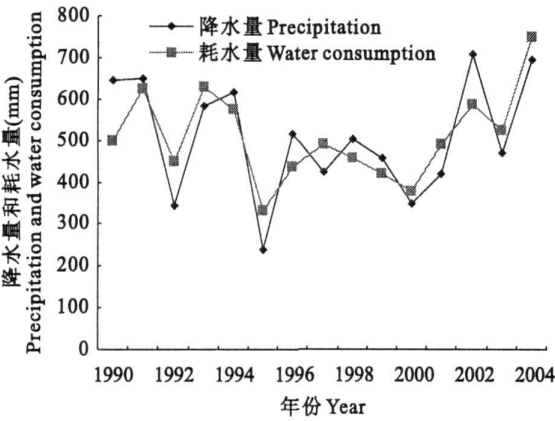


图 1 降水量和耗水量变化趋势

Fig. 1 The changing trend of precipitation and water consumption

2.2 土壤水分盈亏

从表 1 可以看出,一般情况下,降水量多的年份,麦田耗水量大,产量高。耗水量小于降水量的年份,生产年土壤水分能得到有效补充,小麦收获后土壤含水量高于上年同期,相反,降水量小于耗水量的年份,生产年土壤贮水量减少,小麦收获后土壤含水量低于上年同期。产量和水分利用率最高的年份并不是降水量最多的年份(如 1997 年和 2003 年),而产量和水分利用率最低的年份则是降水量最少的年份(如 1995 年和 2000 年),这和马瑞等在山东禹城的试验结果一致^[4]。生产年土壤水分盈亏现象交替出现,概率相等,其中盈余年出现 7 次,盈余水分总量 504 mm,年均盈余 72 mm,亏损年出现 8 次,亏损水分总量 516 mm,年均亏损 65 mm。

表 1 水分要素与产量对比

Table 1 Comparison of moisture factors and wheat yield

年份 Year	上年 7 月 8 日 2 m 土层含水量(mm) Water content in 2m soil layer on July 8last year	当年 7 月 8 日 2 m 土层含水量(mm) Water content in 2m soil layer on July 8this year	土壤水分 盈亏(mm) Soil moisture profit and loss	降水量 (mm) Precipitation	耗水量 (mm) Water consumption	产量 (kg /hm ²) Yield
1990	240	385	145	645	500	3990
1991	385	411	26	651	625	3855
1992	411	307	−104	343	447	2355
1993	307	262	−45	583	628	3225
1994	262	304	42	614	572	2880
1995	304	214	−90	239	329	1080
1996	214	296	82	517	435	3840
1997	296	232	−64	424	488	4140
1998	232	278	46	504	458	3225
1999	278	317	39	457	418	2415
2000	317	286	−31	347	378	1155
2001	286	215	−71	418	489	3675
2002	215	339	124	709	585	3825
2003	339	284	−55	468	523	4725
2004	284	228	−56	694	750	3735

2.3 土壤水分分期变化

由于暖冬造成的越冬期土壤水分损耗不容忽视^[3],本文以越冬期为界,将冬小麦一个生产年划分为两个时期,当年冬小麦收获后的 7 月 8 日到冬小麦停止生长的 11 月 8 日为收墒及幼苗生长期,越冬期及来年春季生长期为一个时期。从表 2 可以看出,由于第一个时期为收墒期,加之冬小麦幼苗生长阶段生理耗水较小,这一时段土壤水分含量全部为正增长,秋旱最严重的 1991 年增量最小,增量占降水量比例最低,生产年降水量最多的 2002 年,上年

收墒期土壤水分增量最大,增量占降水量比例最大。2003 年收墒期降水量最大,但土壤水分增量及增量占降水量比例均不是最大的。上年入冬前到当年冬小麦收获,土壤水分减量最大的是 2004 年,期间降水量占耗水量 27%;土壤水分减量最小的是大旱的 2000 年,期间降水量占耗水量 97%。由于 1999 年是春、夏、秋、冬四季连旱的典型年份,秋旱强度仅次于 1991 年,上年收墒期降水不足,土壤水库贮水量少,加之当年春季降水量明显偏少,春旱严重,是造成 2000 年大旱的主要原因。

表 2 不同时段土壤水分变化及其与同期降水量、耗水量的关系
Table 2 The soil moisture change in different period and its relation
with precipitation and water consumption in the same period

年份 Year	上年 7 月 8 日～ 11 月 8 日 2 m 土层水分增量 (mm) Water increase from July 8 to Nov .8 last year	上年 11 月 8 日～ 当年 7 月 8 日 2 m 土层水分减量 (mm) Water reduce from Nov .8 past year to Jul .8 this year	上年 7 月 8 日～ 上年 11 月 8 日 降水量 (mm) Rainfall during Jul .8 to Nov .8 last year	土壤水分增量占 降水量的比例 (%) Rate of soil moisture increase in rainfall	上年 11 月 8 日 ～当年 7 月 8 日 降水量 Rainfall during Nov .8 last year to Jul .8 this year	上年 11 月 8 日～ 当年 7 月 8 日降水量 占耗水量的比例 (%) Rate of rainfall in water consumption during Nov .8 last year to July 8 this year
1990	172	27	284	61	361	93
1991	126	100	389	32	262	72
1992	1	105	158	1	185	64
1993	222	267	449	49	134	33
1994	122	80	363	34	251	76
1995	30	120	205	15	34	22
1996	154	72	294	52	223	76
1997	113	177	315	36	109	38
1998	57	11	193	30	311	97
1999	98	59	208	47	249	81
2000	25	6	181	14	166	97
2001	126	197	280	45	138	41
2002	276	152	401	69	308	67
2003	55	109	241	23	227	68
2004	241	297	585	41	109	27

2.4 水分因子的农业生产影响特征

根据郭海英^[9]关于水分复合因子对陇东黄土高原冬小麦产量影响的研究认为,前期土壤贮水和春季降水是影响陇东冬小麦产量的主要因素,水分复合因子(早春土壤含水量+春季降水量)越大,冬小麦产量越高,而早春土壤含水量取决于上年收墒期降水量和土壤水分增量,也就是说上年收墒期降水量充足,当年春季降水量丰沛,冬小麦产量必然高,如 1990、1991、2002、2003 年;如果上年收墒期降水充足,土壤贮水量多,即使当年春季降水量不足,冬小麦产量水平也比较高,如 1993、1997、2004 年春季降水量虽然高于大旱的 1995 年,但少于大旱的 2000 年,春季气候干旱严重,但充足的底墒有效缓解了土壤干旱,冬小麦仍然取得了较好的收成;即使上年收墒期降水不足,土壤贮水量少,如果当年春季降水量充足,降水时段分布均匀,无明显旱段,冬小麦也可以取得较好收成,如 1998 年,产量水平与 1993 年持平;如果上年收墒期降水量少,土壤水库贮水不足,当年春季降水量又明显偏少,天旱地也旱,必然导致冬小麦大减产,如 1992、1995、2000 年。

3 小 结

陇东黄土高原是我国西北地区主要旱作雨养农

业区,地下水位较深,自然降水是田间耗水主要来源。降水量多,麦田耗水量大,产量高,但产量和水分利用率最高年份并非降水量最多年份,说明降水时段和作物耗水需求时段的吻合程度以及其它气象要素和非气象要素对冬小麦产量构成也是至关重要的。上年收墒期降水丰沛,土壤水库贮水量大是来年冬小麦丰产的基础。即使收墒期降水不足,土壤水库贮水量匮乏,如果春季降水充足,降水时段分布均匀,冬小麦在返青后苗情升级换代较快,也可以取得较好收成。如果底墒不足,春季降水又明显偏少,春旱严重,则必然导致大减产。

参 考 文 献:

[1] 邓振镛,仇化民,李怀德.陇东气候与农业开发[M].北京:气象出版社,2000.
[2] 温克刚,董安祥.中国气象灾害大典(甘肃卷)[M].北京:气象出版社,2005.
[3] 国家气象局.农业气象观测规范(上卷)[M].北京:气象出版社,1993.
[4] 马 瑞,于沪宁,赵家义,等.冬小麦耗水量的试验研究[A].农田生态试验研究[C].北京:气象出版社,1996.82—94.
[5] 郭海英,马鹏里,杨兴国,等.陇东黄土高原塬区冬小麦越冬期土壤水分损耗规律浅析[J].土壤通报,2005,36(2):165—168.
[6] 郭海英.陇东黄土高原冬小麦生产农业气象要素分析[J].干旱地区农业研究,2004,22(2):123—126.

(英文摘要下转第 252 页)

Laboratory calibration on measurement of field soil moisture using TDR

LI Dao xi^{1,2}, PENG Shi zhang², DI NG Jia li², XU Jun zeng², YU Jin yuan³
(1. North China College of Hydraulic and Hydropower, Zhengzhou, He'nan 450008, China ;
2. Science Research Institute of Hehai University, Nanjing, Jiangsu 210098, China ;
3. Kunshan Water Conservancy Technique Extension Station, Suzhou, Jiangsu 215300, China)

Abstract : A simple and exact method for laboratory calibration of TDR (Time domain reflectometry) is introduced. It has many advantages, such as less work intensity, hardly any spatial heterogeneity of soil moisture and more suitable for calibration on clay loam soil, compared with traditional calibration methods. Through the calibration for clay loam soil from Kunshan region, the results show that the measured values of TDR are obviously lower than that of the oven drying method (ODM), with a range of absolute deviation from 1.9%~8.8% (average 5.0%), and its relative deviation increases with the decrease of soil moisture. But, there is a high correlation between the measured value of soil moisture using TDR and ODM ($R^2=0.9837, P<0.001$), which can be described by a simple linear function. The prediction equation can be used in Kunshan region as reference.

Key words : TDR ; oven drying method ; soil moisture ; laboratory calibration

(上接第 248 页)

Analysis on annual soil moisture change and its effect on agricultural production during winter wheat growth period

GUO Hai ying^{1,4}, ZHAO Jian ping², HUANG Bin⁴, WAN Xin³, YANG Xing guo¹
(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, Lanzhou, Gansu 730020, China ;
2. Department of Agronomy, Longdong College, Qingyang, Gansu 745000, China ;
3. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou, Gansu 730020, China ;
4. Xifeng Agrometeorological Experiment Station, Qingyang, Gansu 745000, China)

Abstract : Based on analyzing the amount of water consumption of winter wheat field of the typical incomplete Yuan “Dongzhi Yuan” of loess plateau, the content of the soil moisture in different periods and its relation with precipitation, amount of water consumption and wheat yield, discovery was made of the characteristics of change of wheat field soil moisture and its effect on agricultural production in the Yuan area of the loess plateau in east Gansu Province. The result showed that the source of water consumption is mainly from natural precipitation. When there is sufficient precipitation, the water consumption is great and the yield is high, and the annual soil moisture can be supplemented effectively. The highest yield may not be obtained in the year with most precipitation, but the lowest yield must be in the year with least precipitation. The plentiful precipitation in the previous year and sufficient soil moisture storage can effectively prevent spring drought of the coming year, which is the foundation for a bumper harvest of winter wheat. Likewise, even when soil moisture is insufficient, so long as precipitation is sufficient in the right time in spring, a good harvest can also be made. But if the drought happens continuously in the previous autumn and the coming spring, it must cause a bad drop of yield.

Key words : wheat field ; moisture change ; yield of wheat